

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019208

International filing date: 22 December 2004 (22.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-096410  
Filing date: 29 March 2004 (29.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 24 February 2005 (24.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

27.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   3 月 2 9 日  
Date of Application:

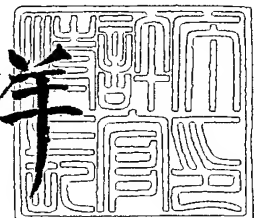
出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 0 9 6 4 1 0  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 4 - 0 9 6 4 1 0 ]

出   願   人            株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   2 月 1 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



出証番号   出証特 2 0 0 5 - 3 0 0 9 7 7 1

【書類名】 特許願  
【整理番号】 SCEI03032  
【提出日】 平成16年 3月29日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G06F 11/00  
G06F 15/16

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 安達 健一

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 矢澤 和明

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 瀧口 巖

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 今井 敦彦

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 田村 哲司

【特許出願人】  
【識別番号】 395015319  
【氏名又は名称】 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント

【代理人】  
【識別番号】 100105924  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 森下 賢樹  
【電話番号】 03-3461-3687

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 091329  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度数を保持する発熱度数保持部と、  
命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを所定の命令単位で特定する発熱特定部と、

実行すべき命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で、前記発熱特定部により特定されたブロックの前記発熱度数を前記発熱係数をもとに累積加算する発熱度数加算部とを含むことを特徴とするプロセッサ。

**【請求項 2】**

前記発熱特定部は、実行すべき命令を解読するデコーダであることを特徴とする請求項 1 に記載のプロセッサ。

**【請求項 3】**

各ブロックの前記発熱度数を時間経過による放熱量にもとづいて減算する発熱度数減算部をさらに含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のプロセッサ。

**【請求項 4】**

前記発熱度数減算部は、各ブロックの前記発熱度数が大きいほど前記発熱度数の減算量を大きく設定することを特徴とする請求項 3 に記載のプロセッサ。

**【請求項 5】**

発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度数を保持する発熱度数保持部と、  
所定の命令単位で見積もられた発熱量をもとに、命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算する発熱度数加算部と、

各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするスケジューラとを含むことを特徴とするプロセッサ。

**【請求項 6】**

前記スケジューラは、前記発熱度数が所定の閾値を超えたブロックが実行に関わる命令の実行を遅らせることを特徴とする請求項 5 に記載のプロセッサ。

**【請求項 7】**

各プロセッサの前記発熱度数を時間経過による放熱量にもとづいて減算する発熱度数減算部をさらに含むことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載のプロセッサ。

**【請求項 8】**

発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度数を保持する発熱度数保持レジスタと、  
実行すべき命令と前記命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを対応づけて格納する発熱係数プロファイルと、

実行すべき命令を解析して、前記命令の実行に関わる前記ブロックと前記発熱係数とを所定の命令単位で特定し、前記発熱係数プロファイルに格納するデコーダと、

前記発熱係数プロファイルにもとづいて、前記命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記ブロックの前記発熱度数を累積加算する発熱度数加算器と、

各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするスケジューラとを含むことを特徴とするプロセッサ。

**【請求項 9】**

複数のサブプロセッサとメインプロセッサとを含むマルチプロセッサシステムであって、

前記メインプロセッサは、  
前記サブプロセッサ内の複数のブロックの発熱度数を保持する発熱度数保持部と、  
命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを所定の命令単位で特定する発熱特定部と、

実行すべき命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で、前記発熱特定部により特定されたブロックの前記発熱度数を前記発熱係数をもとに累積加算する発熱度数加算部と、

各ブロックの前記発熱度数にもとづいて、実行すべき命令を前記複数のサブプロセッサ間で振り分けるスケジューラとを含むことを特徴とするマルチプロセッサシステム。

**【請求項 10】**

実行すべき命令を解読するデコーダに、前記命令の実行に関わるプロセッサ内のブロックの発熱を解析する機能をもたせたことを特徴とするプロセッサ。

**【請求項 11】**

命令コードの進行に合わせて所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算してレジスタに保持することにより、命令コードの進行による発熱をブロック単位で検出することを特徴とする温度制御方法。

**【請求項 12】**

所定の命令単位で見積もられた発熱量をもとに、命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算してレジスタに保持し、前記レジスタに保持された各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングすることを特徴とする温度制御方法。

**【請求項 13】**

マルチプロセッサシステムにおける各プロセッサ内のブロックの発熱量を所定の命令単位で見積もり、命令の進行によるブロックの温度変化を予測し、予測された温度変化をもとに命令を前記プロセッサ間で振り分けることを特徴とする温度制御方法。

**【請求項 14】**

命令コードの進行に合わせて所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算してレジスタに保持するステップと、

前記レジスタに保持された各ブロックの前記発熱度数にもとづいて命令コードの進行による発熱をブロック単位で検出するステップとをコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

**【請求項 15】**

所定の命令単位で見積もられた発熱量をもとに、命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算してレジスタに保持するステップと、

前記レジスタに保持された各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするステップとをコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

**【請求項 16】**

マルチプロセッサシステムにおける各プロセッサ内のブロックの発熱量を所定の命令単位で見積もるステップと、

命令の進行によるブロックの温度変化を予測し、予測された温度変化をもとに命令を前記プロセッサ間で振り分けるステップとをコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

**【請求項 17】**

命令コードの進行に合わせて所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算してレジスタに保持するステップと、

前記レジスタに保持された各ブロックの前記発熱度数にもとづいて命令コードの進行による発熱をブロック単位で検出するステップとをコンピュータに実行させるプログラムを格納したことを特徴とする記録媒体。

**【請求項 18】**

所定の命令単位で見積もられた発熱量をもとに、命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算してレジスタに保持するステップと、

前記レジスタに保持された各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするステップとをコンピュータに実行させるプログラムを格納したことを特徴とする記録媒体。

**【請求項 19】**

マルチプロセッサシステムにおける各プロセッサ内のブロックの発熱量を所定の命令単位

位で見積もるステップと、

命令の進行によるブロックの温度変化を予測し、予測された温度変化をもとに命令を前記プロセッサ間で振り分けるステップとをコンピュータに実行させるプログラムを格納したことを特徴とする記録媒体。

【請求項 20】

発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度を保持する発熱度数保持部と、

命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを所定の命令単位で特定する発熱特定部と、

実行すべき命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で、前記発熱特定部により特定されたブロックの前記発熱度を前記発熱係数をもとに累積加算する発熱度数加算部とを含むことを特徴とするプロセッサシステム。

【請求項 21】

発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度を保持する発熱度数保持部と、

所定の命令単位で見積もられた発熱量をもとに、命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度を累積加算する発熱度数加算部と、

各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするスケジューラとを含むことを特徴とするプロセッサシステム。

【請求項 22】

発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度を保持する発熱度数保持レジスタと、

実行すべき命令と前記命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを対応づけて格納する発熱係数プロファイルと、

実行すべき命令を解析して、前記命令の実行に関わる前記ブロックと前記発熱係数とを所定の命令単位で特定し、前記発熱係数プロファイルに格納するデコーダと、

前記発熱係数プロファイルにもとづいて、前記命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記ブロックの前記発熱度を累積加算する発熱度数加算器と、

各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするスケジューラとを含むことを特徴とするプロセッサシステム。

【請求項 23】

実行すべき命令を解読するデコーダに、前記命令の実行に関わるプロセッサ内のブロックの発熱を解析する機能をもたせたことを特徴とするプロセッサシステム。

【請求項 24】

発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度を保持する発熱度数保持部と、

命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを所定の命令単位で特定する発熱特定部と、

実行すべき命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で、前記発熱特定部により特定されたブロックの前記発熱度を前記発熱係数をもとに累積加算する発熱度数加算部とを含むことを特徴とする情報処理装置。

【請求項 25】

発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度を保持する発熱度数保持部と、

所定の命令単位で見積もられた発熱量をもとに、命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度を累積加算する発熱度数加算部と、

各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするスケジューラとを含むことを特徴とする情報処理装置。

【請求項 26】

発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度を保持する発熱度数保持レジスタと、

実行すべき命令と前記命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを対応づけて格納する発熱係数プロファイルと、

実行すべき命令を解析して、前記命令の実行に関わる前記ブロックと前記発熱係数とを所定の命令単位で特定し、前記発熱係数プロファイルに格納するデコーダと、

前記発熱係数プロファイルにもとづいて、前記命令の進行に合わせて前記所定の命令単位

位で前記ブロックの前記発熱度数を累積加算する発熱度数加算器と、

各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするスケジューラとを含むことを特徴とする情報処理装置。

【請求項 2 7】

実行すべき命令を解読するデコーダに、前記命令の実行に関わるプロセッサ内のブロックの発熱を解析する機能をもたせたことを特徴とする情報処理装置。

**【書類名】明細書**

**【発明の名称】** プロセッサ、マルチプロセッサシステム、プロセッサシステム、情報処理装置および温度制御方法

**【技術分野】****【0001】**

この発明はプロセッサ技術に関し、特に発熱量を制御することのできるプロセッサ、マルチプロセッサシステム、プロセッサシステム、情報処理装置、および温度制御方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

LSI設計において製造プロセスの微細化と素子の高集積化が一段と進み、チップの性能限界として発熱量を考慮することが設計上非常に重要になってきている。チップが高温になると、動作不良を起こしたり、長期信頼性が低下するため、様々な発熱対策がとられている。たとえば、チップの上部に放熱フィンを設けて、チップから発生する熱を逃がす方法がとられる。

**【0003】**

また、チップ上の消費電力分布は一律ではないため、チップの一部が異常に高温になるいわゆる「ホット・スポット」の問題を避けることができない。そこで、チップの消費電力分布にもとづいて、プロセッサのタスクをスケジューリングすることも検討されている（たとえば、特許文献1参照）。

**【特許文献1】** 米国特許出願公開第2002/0065049号明細書

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

チップの一部が発熱すると、時間経過とともに熱伝導により発熱箇所の周囲に高温領域が広がり、やがてはチップ全体の温度が上昇する。従来の発熱対策は、チップ全体の温度分布を巨視的に観測し、数秒～1分程度の時間をかけて放熱するものであり、時間応答性はよくない。最近の高集積化したLSIの中には、1チップでも数十ワット程度の電力を消費するものも設計されており、数十マイクロ秒のオーダーで放熱処理をしなければ、急峻な温度上昇によって動作不良が起こりうる。局所的に発熱しているが、チップ全体としては安全な温度にあるという場合に、チップの動作周波数を下げると、プロセッサ全体の処理性能を犠牲にすることになり、効率的ではない。こうした状況の下、本出願人は、チップの一部が発熱した場合、熱伝導により高温領域が広がる前に、ピンポイントで発熱箇所を検出し、それ以上の温度上昇を抑える微視的なレベルでの発熱対策の必要性を認識するに至った。

**【0005】**

本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、チップ発熱量を時間的にも空間的にも微細なレベルで制御することのできるプロセッサ、マルチプロセッサシステム、プロセッサシステム、情報処理装置、および温度制御方法を提供することにある。

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

本発明のある態様はプロセッサに関する。このプロセッサは、発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度数を保持する発熱度数保持部と、命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを所定の命令単位で特定する発熱特定部と、実行すべき命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で、前記発熱特定部により特定されたブロックの前記発熱度数を前記発熱係数をもとに累積加算する発熱度数加算部とを含む。

**【0007】**

「ブロック」は、プロセッサの領域を区分けした最小単位であり、スポット的に熱のピークが発生する領域の大きさに合わせて区分けされる。たとえば、ブロックは、プロセッ



サを構成するトランジスタなどの素子単体であってもよく、ある程度の数の素子の集合であってもよい。複数のプロセッサを含むマルチプロセッサシステムの場合、ブロックは、個々のプロセッサ内で分けられたブロックであってもよく、個々のプロセッサ全体を1つのブロックとしてもよい。

【0008】

「命令単位」は、命令コードの1ステップであってもよく、命令ステップがいくつか集まって構成されるサブルーチンもしくはタスクであってもよい。

【0009】

「ブロック」の大きさおよび「命令単位」の粒度については、発熱制御の要求精度やプロセッサの設計条件などにより設計の自由度がある。

【0010】

本発明の別の態様もプロセッサに関する。このプロセッサは、発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度数を保持する発熱度数保持部と、所定の命令単位で見積もられた発熱量をもとに、命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算する発熱度数加算部と、各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするスケジューラとを含む。

【0011】

本発明のさらに別の態様もプロセッサに関する。このプロセッサは、発熱制御対象となる複数のブロックの発熱度数を保持する発熱度数保持レジスタと、実行すべき命令と前記命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを対応づけて格納する発熱係数プロファイルと、実行すべき命令を解析して、前記命令の実行に関わる前記ブロックと前記発熱係数とを所定の命令単位で特定し、前記発熱係数プロファイルに格納するデコーダと、前記発熱係数プロファイルにもとづいて、前記命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記ブロックの前記発熱度数を累積加算する発熱度数加算器と、各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングするスケジューラとを含む。

【0012】

本発明のさらに別の態様はマルチプロセッサシステムに関する。このマルチプロセッサシステムは、複数のサブプロセッサとメインプロセッサとを含む。前記メインプロセッサは、前記サブプロセッサ内の複数のブロックの発熱度数を保持する発熱度数保持部と、命令の実行に関わるブロックとそのブロックの発熱量に係る発熱係数とを所定の命令単位で特定する発熱特定部と、実行すべき命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で、前記発熱特定部により特定されたブロックの前記発熱度数を前記発熱係数をもとに累積加算する発熱度数加算部と、各ブロックの前記発熱度数にもとづいて、実行すべき命令を前記複数のサブプロセッサ間で振り分けるスケジューラとを含む。

【0013】

本発明のさらに別の態様もプロセッサに関する。このプロセッサは、実行すべき命令を解釈するデコーダに、前記命令の実行に関わるプロセッサ内のブロックの発熱を解析する機能をもたせる。

【0014】

本発明のさらに別の態様は温度制御方法に関する。この方法は、命令コードの進行に合わせて所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算してレジスタに保持することにより、命令コードの進行による発熱をブロック単位で検出する。

【0015】

本発明のさらに別の態様も温度制御方法に関する。この方法は、所定の命令単位で見積もられた発熱量をもとに、命令の進行に合わせて前記所定の命令単位で前記命令の実行に関わるブロックの発熱度数を累積加算してレジスタに保持し、前記レジスタに保持された各ブロックの前記発熱度数にもとづいて実行すべき命令をスケジューリングする。

【0016】

本発明のさらに別の態様も温度制御方法に関する。この方法は、マルチプロセッサシス

テムにおける各プロセッサ内のブロックの発熱量を所定の命令単位で見積もり、命令の進行によるブロックの温度変化を予測し、予測された温度変化をもとに命令を前記プロセッサ間で振り分ける。

#### 【0017】

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

#### 【発明の効果】

#### 【0018】

本発明によれば、プロセッサの処理性能を下げることなく、プロセッサの発熱量を抑えて動作不良を防ぐことができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0019】

##### 実施の形態1

図1は、実施の形態1に係るプロセッサシステムの構成図である。このプロセッサシステムは、CPUコア100と、メインメモリ110とを含み、これらはアドレスバス28およびデータバス30に接続されている。CPUコア100は、メインメモリ110に対してアドレスを指定してデータの読み出しと書き込みを行う。CPUコア100は、命令キャッシュ12と、命令デコーダ14と、命令スケジューラ16と、実行ユニット18と、発熱係数プロファイル20と、演算ブロック発熱度数レジスタ22とを含む。メインメモリ110には、命令24と演算結果26が記憶される。

#### 【0020】

CPUコア100がメインメモリ110から読み出す命令24は、いったん命令キャッシュ12にキャッシュされる。命令デコーダ14は、命令キャッシュ12にキャッシュされた命令24を順次解読し、命令スケジューラ16に与える。命令スケジューラ16は、命令デコーダ14により解読された命令24間のデータ依存関係により、命令24の実行順序の並べ替えや実行タイミングの調整を行い、命令24をスケジューリングして、実行ユニット18に渡す。実行ユニット18はスケジュールされた命令24を実行し、演算結果26をメインメモリ110に書き出す。

#### 【0021】

プロセッサシステムのチップの領域全体を発熱制御対象となる小さな領域に区分けし、その小領域をブロックもしくは演算ブロックとよぶ。演算ブロックは、チップを構成するトランジスタ単体もしくはある程度の数のトランジスタの集合である。演算ブロックは、スポット的に発熱のピークが現れる領域の大きさに合わせて区切られるが、演算ブロックの大きさは、発熱制御の目標精度やプロセッサの要求仕様によって自由に決めてよい。また、また、演算ブロックは同一サイズで規則的に区切られてもよいが、各種演算ユニットの境界に合わせて不規則に区切られてもよい。

#### 【0022】

発熱係数プロファイル20は、命令ステップ毎にその命令ステップの実行に関わるプロセッサシステムの演算ブロックとその演算ブロックの発熱量に関する発熱係数を対応づけた格納したプロファイルである。演算ブロック発熱度数レジスタ22は、各演算ブロックの発熱度数を累積して保持するためのレジスタである。

#### 【0023】

図2は、CPUコア100における発熱制御に係る機能構成を詳細に説明する図である。命令デコーダ14は、発熱解析機能を持ち、プロセッサシステムのハードウェア情報をもとに、各命令ステップの実行に関わる演算ブロックを特定し、その演算ブロックの動作による発熱量を予測し、発熱係数を決定する。命令デコーダ14は、命令ステップ毎に特定した演算ブロックの位置情報と発熱係数を命令ステップに対応づけて発熱係数プロファイル20に格納する。

#### 【0024】

図3は、発熱係数プロファイル20の例を説明する図である。命令ステップ40、演算

ブロック位置 42、および発熱係数 44 が対応づけられて格納されている。命令ステップ 40 は、命令デコーダ 14 によりデコードされたステップ毎の命令であり、MOV（転送）、ADD（加算）、LD（ロード）、ST（ストア）などのコマンドに引数が与えられている。たとえば、命令ステップ「MOV AX BX」は、CPU コア 100 の演算レジスタ BX の内容を演算レジスタ AX に代入する命令であり、命令ステップ「LD AX 2D」は、メインメモリ 110 のアドレス 2D のデータを CPU コア 100 の演算レジスタ AX にロードする命令である。

#### 【0025】

演算ブロック位置 42 は、プロセッサシステムのパッケージ上のダイ（die）を矩形領域に区分けした場合のマトリックスのインデックスで与えられる。発熱係数 44 は、演算ブロック位置 42 で示された領域にある演算ブロックがその命令を実行したときの発熱量の予測値から定められる数値である。

#### 【0026】

プロセッサシステムの LSI の配置配線が完了した後の論理シミュレーションにおいて、プログラムコードをシミュレートしたときの結果を利用すれば、細かい時間ステップでプロセッサのトランジスタのオンオフ状態の変化をトレースすることができる。この結果を利用すれば、命令ステップ毎にどの演算ブロックがアクティブになるかを完全に解析することができる。

#### 【0027】

演算ブロックの発熱量については、回路設計時に CAD ツールなどを利用して演算ブロックの静的な温度特性を考慮して予測することができる。演算ブロックの静的な温度特性は、主として物理的な特性や素子の位置関係にもとづいて定量化される。たとえば、CMOS は値が反転するときに P チャネルと N チャネルの両トランジスタが一瞬同時にオンし、貫通電流が流れる。これが CMOS の消費電力の大半を占め、消費電力は CMOS の動作周波数に比例して増加する。このような消費電力を見積もることで演算ブロックの発熱量を予測することができる。発熱係数は発熱量の予測値を量子化した値である。回路設計時のシミュレーション結果や発熱予測量などの情報は、ハードウェア情報として命令デコーダ 14 から参照できるように構成される。

#### 【0028】

図 3 に示す例では、命令ステップ「MOV AX BX」の実行には、(2, 3) および (2, 4) の位置の演算ブロックが関わり、発熱係数は 2 であり、命令ステップ「LD AX 2D」の実行には、(2, 2) の位置の演算ブロックが関わり、発熱係数は 1 である。

#### 【0029】

再び図 2 を参照し、命令スケジューラ 16 は、命令デコーダ 14 によりデコードされた命令 24 をデータ依存関係にもとづきスケジューリングし、次に実行すべき命令ステップを選択する。命令スケジューラ 16 は、発熱係数プロファイル 20 を参照して、その選択された命令ステップの実行に関わる演算ブロックの位置と発熱係数を特定し、発熱度数加算器 32 に与える。発熱度数加算器 32 は、特定された演算ブロック位置の現在の発熱度数を演算ブロック発熱度数レジスタ 22 から読み取り、命令スケジューラ 16 から与えられた発熱係数を加算して演算ブロック発熱度数レジスタ 22 に書き込む。

#### 【0030】

発熱度数減算器 34 は、演算ブロック発熱度数レジスタ 22 から各演算ブロックの発熱度数を読み取り、所定の放熱定数にもとづく減算処理を行い、演算ブロック発熱度数レジスタ 22 に書き込む。発熱度数減算器 34 は、所定のクロックで動作して、演算ブロック発熱度数レジスタ 22 の各演算ブロックの発熱度数を減算する。これにより、時間経過による放熱量が演算ブロック発熱度数レジスタ 22 の発熱度数に反映される。

#### 【0031】

発熱度数減算器 34 は、発熱度数がゼロになるまで減算するが、各演算ブロックの発熱度数が大きいほど発熱度数の減算量を大きく設定する。各演算ブロックの発熱度数から予

測される温度と外界温度との差が大きいほど、放熱による温度低下が速いと考えられるからである。外界温度は測定値、推定値もしくはあらかじめ設定した値のいずれを用いてもよい。

#### 【0032】

図4は、演算ブロック発熱度数レジスタ22に格納された発熱度数の例を示す。演算ブロック発熱度数レジスタ22に格納された各演算ブロックの発熱度数は、発熱度数加算器32により命令コードの進行に合わせて累積加算され、発熱度数減算器34により時間経過とともに減算される。

#### 【0033】

発熱度数加算器32および発熱度数減算器34は、演算ブロックの温度特性の動的な面も考慮して、演算ブロックの発熱度数を調整してもよい。演算ブロックの動的な温度特性は、主としてタスクの実行履歴や負荷状況に依存するが、場合によっては、隣接するブロックに同時にタスクが割り振られると、離れたブロックにタスクが分散する場合よりも熱が発生しやすいなどの物理的な性質からの影響も受ける。発熱度数加算器32は、演算ブロックへのタスクの割り当て状況や、隣接する演算ブロックの発熱による相互作用などを加味して発熱度数の加算を行ってもよい。発熱度数減算器34は、演算ブロックの周囲の放熱の進み具合を考慮して発熱度数の減算を行ってもよい。

#### 【0034】

再び図2を参照し、ホットスポット検出器36は、演算ブロック発熱度数レジスタ22の発熱度数が所定の閾値を超えた演算ブロックをホットスポットとして検出し、その演算ブロックの位置を命令スケジューラ16に与える。この所定の閾値は、演算ブロックが動作不良になる限界温度よりも低い温度に対応する発熱度数で与えられる。したがって、ホットスポット検出器36は、現実にはホットスポットとなった演算ブロックを検出するだけでなく、将来ホットスポットとなる可能性の高い演算ブロックもホットスポットとして検出する。

#### 【0035】

命令スケジューラ16は、ホットスポットと判定された演算ブロックが実行に関わる命令ステップの前にウエイト命令を挿入して実行タイミングをずらしたり、ホットスポットと判定された演算ブロックが関与しない命令の実行を優先的に実行するなどの再スケジューリングを行う。このように、命令スケジューラ16は、各演算ブロックの定量化された静的／動的な温度特性を評価パラメータとして利用したスケジューリングを行う。

#### 【0036】

上記の構成では、命令デコーダ14がハードウェア情報をもとに命令ステップ毎に演算ブロックを特定し、発熱係数を決定したが、発熱係数は命令のオペランドの一部として命令コードの生成段階で埋め込まれていてもよい。たとえば、プログラマやコンパイラが命令毎に発熱係数を指定してもよい。

#### 【0037】

図5は、CPUコア100の命令デコーダ14と命令スケジューラ16による発熱制御手順を示すフローチャートである。

#### 【0038】

命令キャッシュ12に次にデコードすべき命令がキャッシュされている場合（S10のY）、命令デコーダ14は、キャッシュされた命令をデコードする（S12）。命令デコーダ14は、デコードされた命令に関わる演算ブロックを特定し、その演算ブロックの発熱係数を求め、発熱係数プロファイル20を作成する（S14）。

#### 【0039】

命令スケジューラ16は、命令デコーダ14によりデコードされた命令をデータ依存関係にもとづいてスケジューリングする（S16）。発熱度数加算器32は、スケジュールされた命令コードの進行に合わせて、演算ブロック発熱度数レジスタ22に保持されている該当する演算ブロックの発熱度数に発熱係数を累積加算する（S18）。ここで、発熱度数加算器32は、隣接する演算ブロックとの相互作用を考慮し、隣接する演算ブロック

の発熱度数が大きい場合に、当該演算ブロックの発熱度数の加算量を大きくしてもよい。

#### 【0040】

ホットスポット検出器36は、演算ブロック発熱度数レジスタ22の各演算ブロックの発熱度数を評価して温度を予測し、ホットスポットとなる演算ブロックがあるかどうか調べる(S20)。ホットスポットになる可能性の高い演算ブロックが存在する場合(S20のY)、命令スケジューラ16は、ホットスポットとなる演算ブロックが実行に関わる命令の実行を遅らせるように、命令の実行順序や実行タイミングを調整し、命令を再スケジューリングする(S22)。

#### 【0041】

発熱度数減算器34は、時間経過による放熱量の予測値にもとづいて、演算ブロック発熱度数レジスタ22の各演算ブロックの発熱度数を減算する(S24)。以降、S10に戻り、次にデコードすべき命令がなくなる(S10のN)まで、一連の処理が繰り返される。

#### 【0042】

本実施の形態のプロセッサシステムによれば、命令コードの進行に伴って命令ステップ毎に演算ブロック単位で発熱量を予測するため、プロセッサシステムのパッケージ全体の温度分布を時間的にも空間的にも非常に細かいレベルで正確に把握することができる。これにより、プロセッサシステムの特定の演算ブロックに処理が集中し、急峻な温度上昇が予測される場合でも、その演算ブロックに関わる命令の実行をリアルタイムでスケジューリングし、発熱のピークを回避することができる。プロセッサ全体の処理性能を犠牲にすることなく、発熱による局所的な動作不良を防ぐことができる。

#### 【0043】

##### 実施の形態2

図6は、実施の形態2に係るプロセッサシステムの構成図である。本実施の形態のプロセッサシステムは、実施の形態1のCPUコア100に相当するメインプロセッサ200以外に、2つのサブプロセッサ230a、230bがバス結合したマルチプロセッサシステムである。メインプロセッサ200は、バスを介してDRAM220にアクセスしてデータを読み取り、キャッシュ210にデータをキャッシュする。メインプロセッサ200は適宜2つのサブプロセッサ230a、230bにタスクを振り分けてプログラムを実行する。

#### 【0044】

メインプロセッサ200には、実施の形態1で説明したCPUコア100の各機能構成、すなわち、命令キャッシュ12、命令デコーダ14、命令スケジューラ16、実行ユニット18、発熱係数プロファイル20、演算ブロック発熱度数レジスタ22、発熱度数加算器32、発熱度数減算器34、およびホットスポット検出器36が含まれる。以下、これらの構成について、実施の形態1とは異なる動作を説明する。

#### 【0045】

本実施の形態のプロセッサシステムでは、メインプロセッサ200、サブプロセッサ230a、230bの各モジュールを含むプロセッサシステムのパッケージ全体の発熱量が制御対象となる。実施の形態1で述べた演算ブロックは、メインプロセッサ200、サブプロセッサ230a、230bの各モジュール内で区分けされたブロックであり、演算ブロック毎の発熱度数の加算および減算については実施の形態1と同様に行われる。

#### 【0046】

命令スケジューラ16は、実施の形態1で述べた命令の実行順序の変更、実行タイミングの調整以外に、サブプロセッサ230a、230bに命令を振り分けることで命令のスケジューリングを行う。命令スケジューラ16によるサブプロセッサ230a、230b間の命令の振り分けは命令ステップ単位のほか、サブルーチンなどある程度まとまったタスクの単位で行われてもよい。命令スケジューラ16は、サブプロセッサ230a、230bの負荷状況に応じた命令の振り分けにより、負荷分散を図るとともに、サブプロセッサ230a、230bの演算ブロックの発熱状況に応じた命令の振り分けにより、発熱量を

制御する。たとえば、一方のサブプロセッサ 230 a にホットスポットとなる可能性の高い演算ブロックが検出された場合、命令を他方のサブプロセッサ 230 b に割り当てる。

#### 【0047】

本実施の形態のプロセッサシステムによれば、各サブプロセッサ 230 a、230 b の演算ブロックの発熱状況に応じて、サブプロセッサ 230 a、230 b 間でタスクを割り振ることで、プロセッサシステム全体の温度分布を平準化し、プロセッサシステム内にホットスポットが生じるのを防ぐことができる。

#### 【0048】

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。これらの実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

#### 【0049】

そのような変形例を説明する。実施の形態では、発熱対策として、ホットスポットとなる可能性のある演算ブロックに負荷が集中しないように、命令のスケジューリングを行う方法を説明したが、これ以外の発熱対策として、たとえば、ホットスポットとなる可能性のある演算ブロックを局所的に冷却ノズルを用いて冷却する方法をとってもよい。また、命令のスケジューリングをしても演算ブロックの発熱を抑えられない場合は、プロセッサ全体の動作周波数を落としたり、電源電圧を下げるなどの緊急処置をとるように構成してもよい。

#### 【0050】

実施の形態では、回路設計時のシミュレータなどによりあらかじめ発熱量を見積もり、プロセッサ内に発熱係数の情報をハードウェア情報としてもたせたが、プロセッサの温度を測定するセンサを設けて、局所的に演算ブロックの温度を実測した上で、実施の形態で述べたスケジューリングによる発熱制御を実施するように構成してもよい。

#### 【0051】

実施の形態では、命令ステップ毎に発熱量を予測し、発熱度数をカウントしたが、サブルーチンなどある程度まとまったタスク単位で発熱量を予測して、発熱度数をカウントするように構成してもよく、スケジューリングの単位も命令ステップ単位だけでなくタスク単位で行うように構成してもよい。プロセッサの各演算ブロックが比較的安全な温度範囲にあるときは、タスク単位でカウントされた発熱度数を参照してタスクスケジューリングを行い、温度が上昇してクリティカルな状況になったときは、各演算ブロックの発熱度数を命令ステップ単位でカウントして、命令単位の細かいスケジューリングを行うように切り替える切り替え制御部を設けてもよい。

#### 【0052】

実施の形態では、発熱制御をプロセッサシステムのハードウェアで行う構成であったが、命令コードの解析と温度予測にもとづいた命令のスケジューリングとをプロセッサシステムの外部でソフトウェア処理などで行い、スケジューリングされた命令をプロセッサに供給する構成の命令コード生成装置をプロセッサシステムとは別に設けてもよい。

#### 【0053】

アプリケーション毎に発熱特性のプロファイルを作成し、チップ上の温度センサにより実測された温度分布と照合することで発熱係数などのプロファイル情報を修正する照合部を設けてもよい。これにより発熱制御の精度をさらに向上させることができる。

#### 【0054】

実施の形態のプロセッサをメモリなどの他の素子とともに基板に搭載したプロセッサシステムを構成してもよい。また、そのようなプロセッサシステムを搭載した情報処理装置を構成してもよい。そのような情報処理装置としてパーソナルコンピュータ、各種携帯機器などがある。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0055】

【図 1】実施の形態 1 に係るプロセッサシステムの構成図である。

【図 2】図 1 のプロセッサシステムにおける発熱制御に係る機能構成の詳細説明図である。

【図 3】図 1 の発熱係数プロファイルの説明図である。

【図 4】図 1 の演算ブロック発熱度数レジスタに格納された発熱度数を説明する図である。

【図 5】図 1 のプロセッサシステムにおける発熱制御手順を示すフローチャートである。

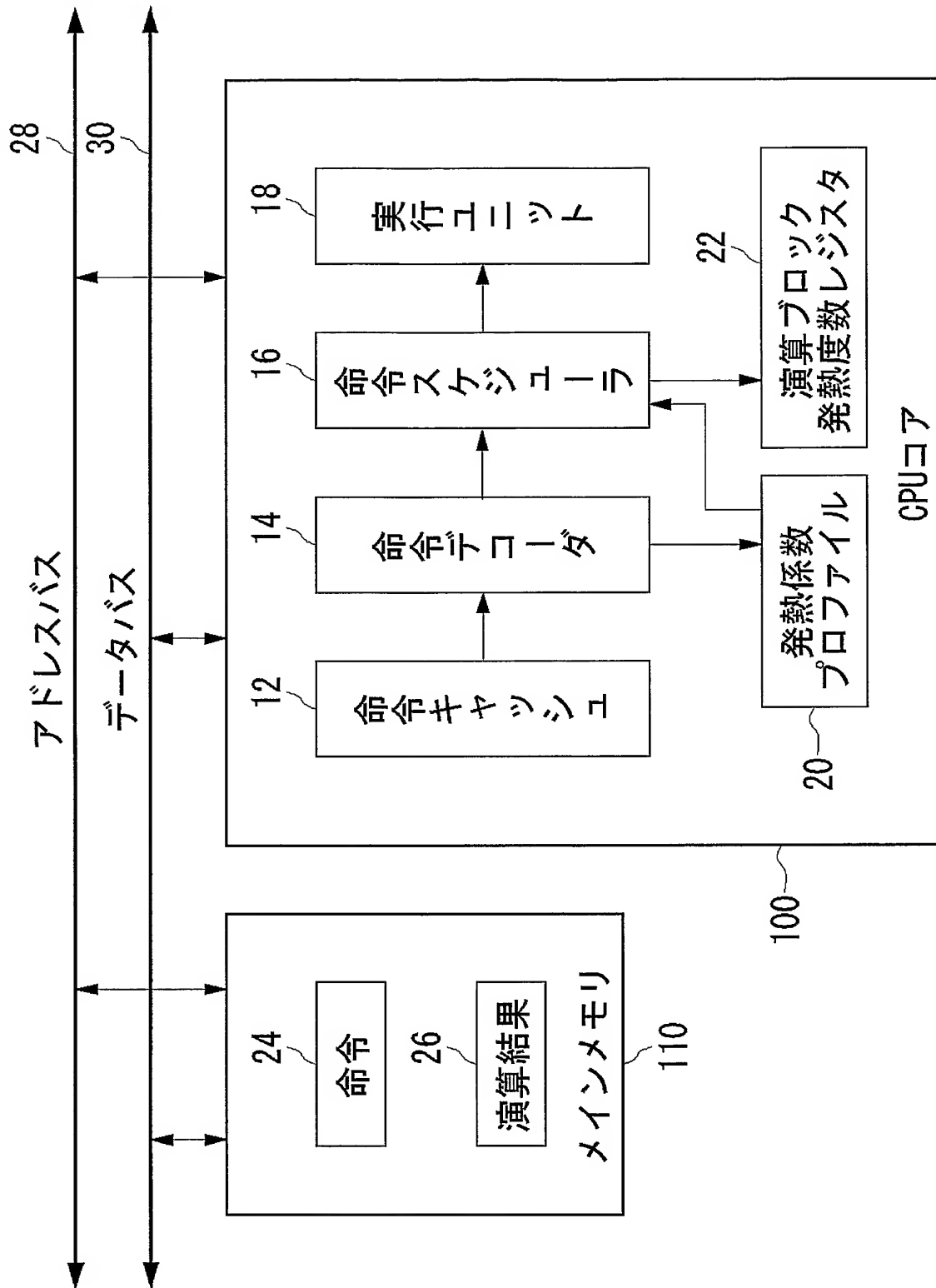
【図 6】実施の形態 2 に係るプロセッサシステムの構成図である。

【符号の説明】

【0056】

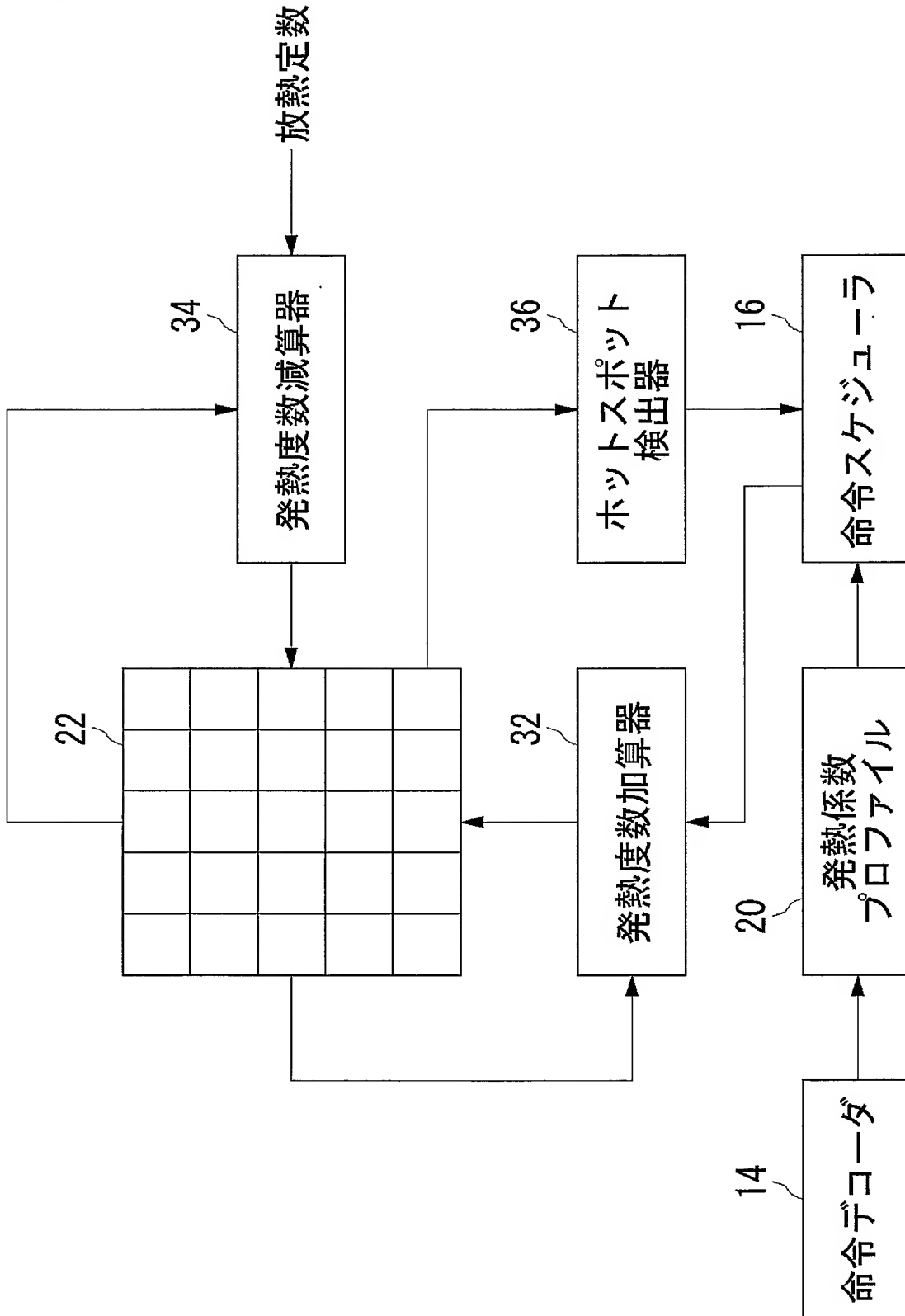
12 命令キャッシュ、 14 命令デコーダ、 16 命令スケジューラ、 18 実行ユニット、 20 発熱係数プロファイル、 22 演算ブロック発熱度数レジスタ、 32 発熱度数加算器、 34 発熱度数減算器、 36 ホットスポット検出器、 100 CPUコア、 110 メインメモリ、 200 メインプロセッサ、 210 キャッシュ、 220 DRAM、 230a、230b サブプロセッサ。

【書類名】 図面  
【図 1】





【図 2】



【図 3】

20

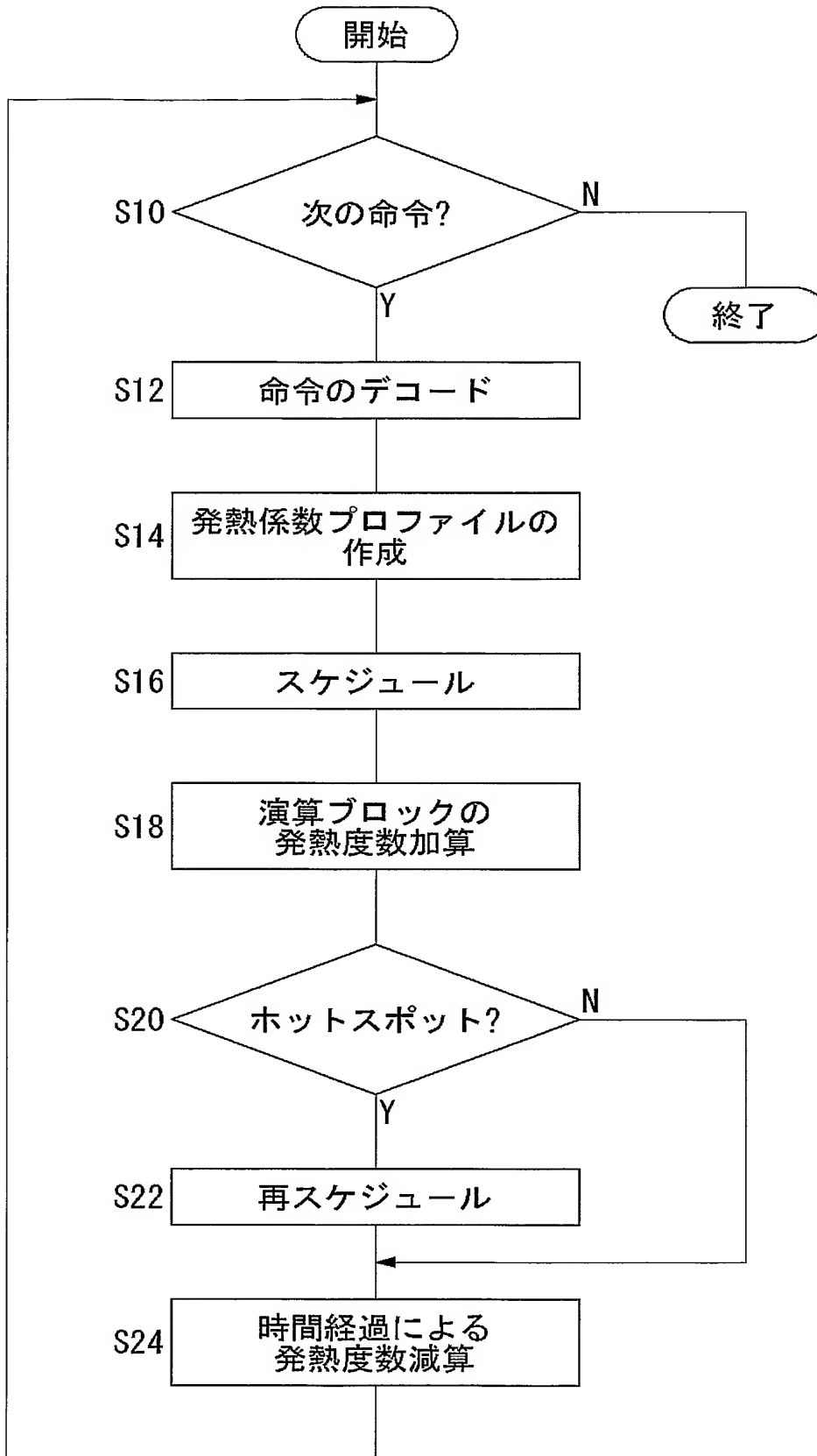
40 命令ステップ			42 演算ブロック位置	44 発熱係数
MOV	AX	BX	(2, 3), (2, 4)	2
LD	AX	2D	(2, 2)	1
ADD	AX	2E	(3, 1), (3, 3)	3
ST	AX	2F	(4, 3)	1

【図 4】

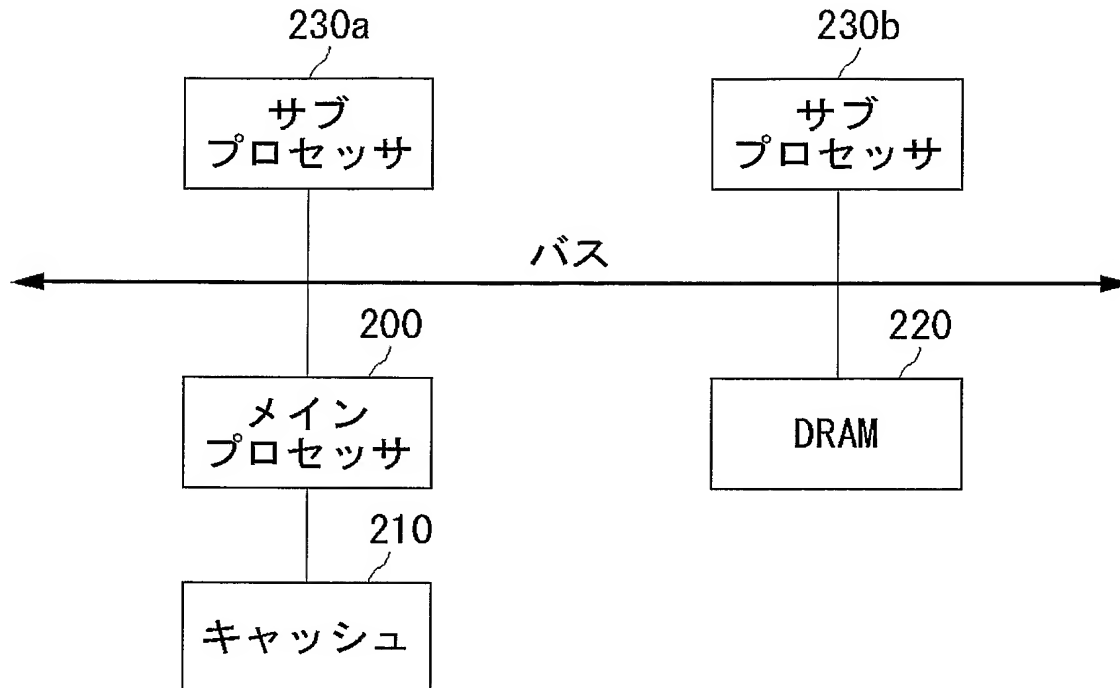
22

3	0	1	0	1
2	1	5	0	2
0	0	0	4	1
1	0	0	0	0
2	4	0	0	1

【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 プロセッサのチップ温度の急激な上昇により動作不良が生じることがある。

【解決手段】 命令デコーダ 14 は、命令毎に命令の実行に関わる演算ブロックと発熱係数を特定し、発熱係数プロファイル 20 に格納する。命令スケジューラ 16 は、命令をデータ依存関係にもとづきスケジューリングする。発熱度数加算器 32 は、スケジュールされた命令の進行に合わせて、演算ブロック発熱度数レジスタ 22 に保持されている該当する演算ブロックの発熱度数に発熱係数を累積加算する。発熱度数減算器 34 は、演算ブロック発熱度数レジスタ 22 の各演算ブロックの発熱度数を時間経過による放熱量にもとづいて減算する。ホットスポット検出器 36 は、演算ブロック発熱度数レジスタ 22 の発熱度数が所定の閾値を超えた演算ブロックをホットスポットとして検出し、命令スケジューラ 16 は、ホットスポットと判定された演算ブロックが実行に関わる命令の実行を遅らせる。

【選択図】 図 2

【書類名】 手続補正書  
【整理番号】 SCEI03032  
【提出日】 平成17年 1月17日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【事件の表示】  
【出願番号】 特願2004- 96410  
【補正をする者】  
【識別番号】 395015319  
【氏名又は名称】 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント  
【代理人】  
【識別番号】 100105924  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 森下 賢樹  
【電話番号】 03-3461-3687  
【手続補正1】  
【補正対象書類名】 特許願  
【補正対象項目名】 発明者  
【補正方法】 変更  
【補正の内容】  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 安達 健一  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 矢澤 和明  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 瀧口 巖  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 今井 敦彦  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内  
【氏名】 田村 哲司  
【その他】 出願の際、発明者中「瀧口 巖」の氏名を「瀧口 巖」と表記した誤記を訂正いたします。

特願 2 0 0 4 - 0 9 6 4 1 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 9 5 0 1 5 3 1 9 ]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 7 月 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区南青山二丁目 6 番 2 1 号

氏 名

株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント